

## РАСЧЕТ ЗНАЧЕНИЙ СЕЗОННОГО КОЭФФИЦИЕНТА ДЛЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

А.В. Черноиван

Брестский государственный технический университет  
ул. Московская, 267, Брест, Республика Беларусь, 224017

Изложена методика определения сезонного коэффициента, рассмотрена область его применения при проектировании зданий и сооружений, а также представлены результаты расчета численных значений коэффициента  $c_{season}$  для климатических условий Республики Беларусь.

**Ключевые слова:** годовой ход скорости ветра, сезонный коэффициент  $c_{season}$ , базовое значение скорости ветра  $v_b$ , период возведения капитальных зданий, неинвентарные временные сооружения.

В соответствии с действующими в строительстве техническими нормативно-правовыми актами при проектировании зданий и сооружений обязательным является выполнение расчета строительных конструкций на ветровое воздействие [1], понятие которого включает большой массив различных параметров, полученных в результате статистического оценивания выборки случайных величин и производных от них.

На сегодняшний день в рамках разработки Национального приложения (НА) к действующему на территории Республики Беларусь ТКП EN 1991-1-4-2009 [2] выполнен целый ряд исследований учета влияния ветровой нагрузки [3], включающий расчет значений сезонного коэффициента.

Сезонные изменения характеристик ветра определяются общей циркуляцией атмосферы и зависят от времени года, температурно-влажностного режима и шероховатости подстилающей поверхности местности. Установлено, что в Центральной Европе преобладает прямой годовой ход скорости ветра с максимумом в осенние или зимние месяцы и минимумом в летний период [4].

При проектировании зданий и сооружений годовые изменения характеристик ветра учитываются с помощью сезонного коэффициента  $c_{season}$ . Согласно ТКП EN 1991-1-4-2009 «Еврокод 1. Воздействия на конструкции. Часть 1—4. Общие воздействия. Ветровые воздействия» влияние климатического режима ветра учитывается базовым значением скорости ветра  $v_b$ . Данный параметр определяет среднюю составляющую скорости ветра и соответствующий ей скоростной напор, являясь характеристическим значением с годовой вероятностью превышения 0,02, что соответствует среднему периоду повторяемости 50 лет, и рассчитывается по формуле

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0}, \quad (1)$$

где  $c_{dir}$  — коэффициент, учитывающий направление ветра, определяемый по НП.2.4 Национального приложения к [2];  $c_{season}$  — сезонный коэффициент;  $v_{b,0}$  — основное значение базовой скорости ветра, НП.2.2 Национального приложения к [2].

Как показывает практика, сезонные колебания скорости ветра оказывают наиболее существенное воздействие на неинвентарные временные сооружения, к которым относятся закрытые склады и навесы для хранения строительных материалов, инструмента и инвентаря, а также временные ограждения построечного изготовления [5]. Как правило, срок эксплуатации таких зданий и сооружений не превышает шести месяцев [6].

Годовой ход скорости ветра также целесообразно учитывать при оптимизации календарного планирования и разработке проекта производства работ на возведение капитальных зданий и сооружений. Анализ причин аварийных ситуаций, возникающих при строительстве капитальных зданий и сооружений, позволяет заключить, что учет сезонного коэффициента необходим при разработке технологических карт на возведение многоэтажных и высотных зданий с увеличенной высотой этажа, наружное стеновое ограждение которых запроектировано из легких панелей типа «сэндвич».

Годовой ход скорости ветра учитывается при разработке мероприятий по безопасной эксплуатации передвижных строительных башенных кранов [7].

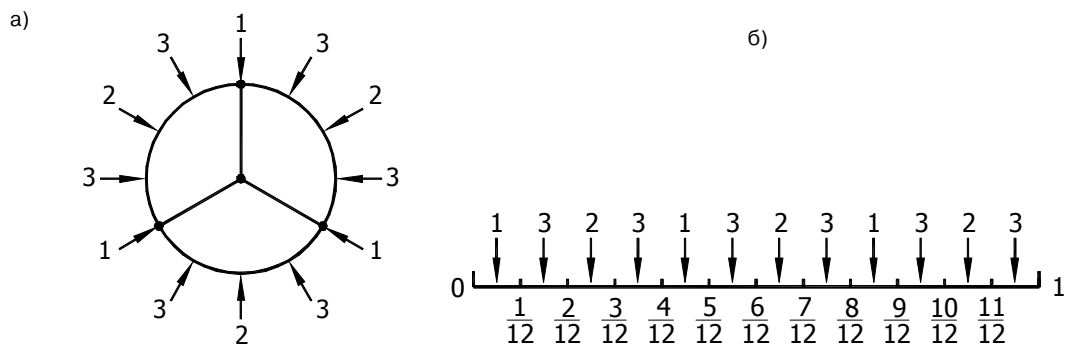
Таким образом, учет влияния сезонного коэффициента позволяет снизить расход строительных материалов при возведении неинвентарных временных сооружений, исключить возникновение аварийных ситуаций и обеспечить проектное положение легких конструкций на период возведения многоэтажных и высотных зданий, а также разработать мероприятия для безопасной эксплуатации строительных машин и механизмов. Следовательно, определение численных значений сезонного коэффициента является актуальной задачей.

**Методика определения значений сезонного коэффициента.** Для определения значений сезонного коэффициента был принят вероятностный метод расчета зданий и сооружений. Учет годовых (сезонных) колебаний скорости ветра выполнялся с использованием способа, основанного на примере мачты, имеющей по три оттяжки в каждом закрепленном (оттяжечном) узле (рис. 1а) [8]. Предполагалось, что узловая нагрузка при этом перемещается по окружности по часовой стрелке от оттяжки с номером «1» и фиксирует номера возникающих расчетных случаев. В результате была получена последовательность из 12 элементов, смысл которых соответствовал номеру расчетного случая:

$$N_{\text{д}} = (1, 3, 2, 3, 1, 3, 2, 3, 1, 3, 2, 3). \quad (2)$$

Таким образом, на окружности можно выделить 12 расчетных случаев. При этом число случаев для каждого из типов «1» и «2» равно трем, для типа «3» — шести. Номер расчетного случая  $N_{\text{д}}$  можно представить в виде дискретной случайной величины, принимающей значения «1», «2» и «3» с вероятностью  $F_{N, \text{д}=1} = 0,25$ ;  $F_{N, \text{д}=2} = 0,25$ ;  $F_{N, \text{д}=3} = 0,50$ .

Для моделирования методом Монте-Карло дискретной случайной величины  $N_{\text{д}}$  окружность разворачивалась в отрезок с границами  $[0, 1]$ , который разбивался на 12 равных частей, соответствующих порядковым номерам месяцев года (рис. 1б).



**Рис. 1.** Метод мачты с тремя оттяжными узлами:

а — расчетные случаи узловой нагрузки;  
 б — развертка окружности

По тому, в какую из 12 частей данного отрезка попадет очередное значение из последовательности равномерно распределенных на отрезке  $[0, 1]$  случайных величин  $\xi_i$ , выбирается номер расчетного случая, по которому необходимо производить детерминированный расчет.

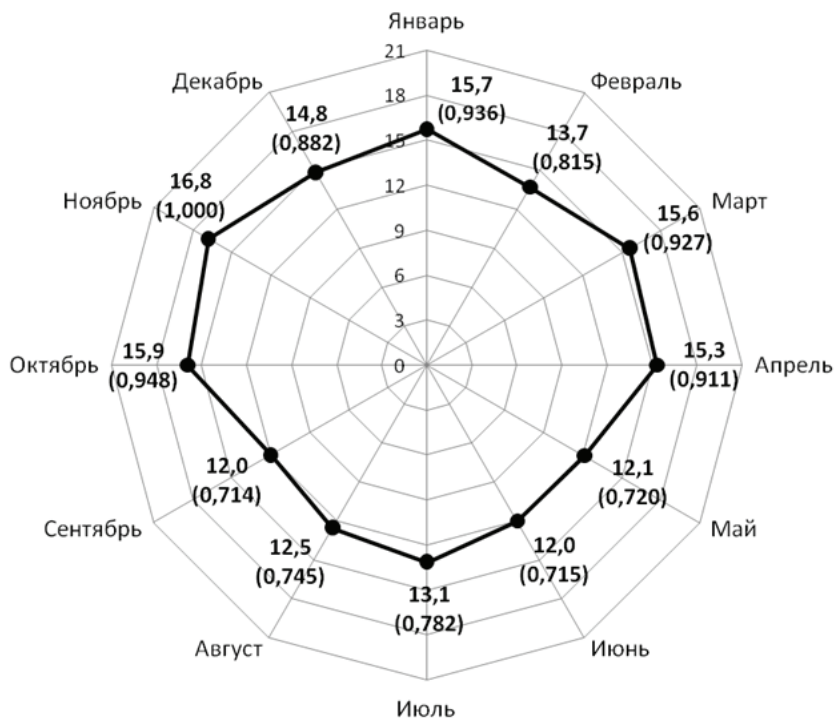
**Определение численных значений сезонного коэффициента для климатических условий Республики Беларусь.** Численные значения коэффициента  $c_{season}$  были определены с использованием результатов систематических измерений базовых характеристик ветра, зарегистрированных на 46 метеорологических станциях и постах Республики Беларусь за период 1966—2008 гг., для каждого месяца года, а также для периодов, включающих выборки данных для двух, трех, четырех, пяти и шести месяцев.

Статистическая обработка данных выполнялась с помощью специально разработанной программы «Расчет сезонного коэффициента», реализованной в математическом пакете *MathCAD*. Данная программа позволяет определять значения коэффициента  $c_{season}$  для указанных пользователем продолжительности (1—6 месяцев) и начала (январь—декабрь) расчетного периода. При этом статистическое оценивание максимумов средней скорости ветра выполняется с использованием метода псевдослучайного квантования (обратная задача), процедура которого предполагает добавление перед операцией квантования к исходным данным малой псевдослучайной составляющей и одновременное вычитание ее из данных, получаемых на выходе. При этом псевдослучайная составляющая вносит дополнительные колебания вокруг уровня квантования, которые позволяют получать вероятности неперевышения, необходимые для принятия характеристических значений параметров ветрового воздействия [1].

На рис. 2 приведены результаты оценки месячных максимумов средней скорости ветра и соответствующие им значения сезонного коэффициента для периода, равного одному месяцу, для аэрогидрометеорологической станции Брест, при  $c_{dir} = 1,0$ .

Значения сезонного коэффициента  $c_{season}$  для климатических условий Республики Беларусь, полученные с помощью программы «Расчет сезонного коэффициента» и уточненные с использованием пакета *Surfer 7.0*, позволяющего выполнять обработку и визуализацию двумерных наборов данных, приведены в таблице.





**Рис. 2.** Распределение месячных максимумов средних скоростей ветра (м/с) и соответствующих им значений коэффициента  $c_{season}$  для периода, равного одному месяцу

\*\*\*

По результатам выполненных исследований разработана методика и определены значения сезонного коэффициента  $c_{season}$  для климатических условий Республики Беларусь. Установлено, что учет сезонного коэффициента при возведении неинвентарных временных сооружений позволяет снизить расход строительных материалов. Учет годовых (сезонных) колебаний скорости ветра в период возведения многоэтажных и высотных зданий позволяет на основании календарного графика производства работ разработать мероприятия, обеспечивающие безопасные условия труда.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Еврокод. Основы проектирования строительных конструкций: ТКП EN 1990-2011. — Введ. 01.07.2012. — Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2011.
- [2] Еврокод 1. Воздействия на конструкции. Часть 1—4. Общие воздействия. Ветровые воздействия: ТКП EN 1991-1-4-2009. — Введ. 01.01.2010. — Мн.: Минстройархитект РБ, 2010.
- [3] Тур В.В., Черношван А.В. Нормирование ветровой нагрузки на здания и сооружения для климатических условий Республики Беларусь // Вестник Брестского государственного технического университета. — 2012. — № 1(73): Архитектура и строительство. — С. 35—39.

- [4] Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации / Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет); рук. темы В.П. Мелешко. — М., 2008. — Т. 1: Изменения климата.
- [5] Дикман Л.Г. Организация строительного производства: учебник для строительных вузов. — М: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2004.
- [6] Loading for buildings — Part 2: Code of practice for wind loads: BS 6399-2:1997. — London: British Standards Institution, 2002.
- [7] Cook N. Designers' Guide to Eurocode 1: Actions on structures, general actions part 1—4. Wind actions. — London: Thomas Telford Ltd, 2007.
- [8] Райзер В.Д. Теория надежности в строительном проектировании. — М.: АСВ, 1998.

## CALCULATION OF VALUES OF SEASONAL FACTOR FOR CLIMATIC CONDITIONS OF BELARUS

A.V. Chernoiwan

Brest State Technical University  
Moscow str., 267, Brest, Belarus, 224017

In the article the technique of determination of seasonal factor is presented, range of its application at designing of buildings and constructions is stated, and also results of calculation of numerical values of factor  $c_{season}$  for climatic conditions of Belarus are given.

**Key words:** an annual variation of wind velocity, seasonal factor  $c_{season}$ , basic wind velocity  $v_b$ , the period of erection of capital buildings, not inventory temporary structures.